

2-47674

Abstract:

### Liquefied Helium Refrigerating Apparatus

A liquefied helium refrigerating apparatus in which the heat exchange action as the cooling of the helium is obtained by using the isentropic expansion of the helium gas, and after the helium gas of the normal temperature and high pressure is pre-cooled the liquefied helium is produced by using Joule Thomson valve, characterized in that a structure is arranged in said apparatus: the temperature is measured by temperature measuring meter disposed in downstream side of the point (co-current point) where the exhaust gas from the expander of minimum temperature and returning gas from extreme low temperature environment meet, and in accordance with the result of measurement, the rotational speed of the expander is controlled and the amount of the exhaust gas is adjusted. In addition, while detecting the pressure in the exhaust gas side of the compressor producing the helium gas of the normal temperature and high pressure, the rotational speed of the compressor is controlled so that a certain pressure of the exhaust gas is kept to make the detecting value constant.

⑫ 特 許 公 報 (B 2)

平2-47674

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

F 25 B 9/02

識別記号

J

庁内整理番号

7536-3L

⑭ 公告 平成2年(1990)10月22日

発明の数 1 (全6頁)

⑮ 発明の名称 ヘリウム液化・冷凍装置

⑯ 特 願 昭58-169998

⑰ 公 開 昭60-60485

⑱ 出 願 昭58(1983)9月13日

⑲ 昭60(1985)4月8日

⑳ 発 明 者 片 岡 晋 一 兵庫県神戸市須磨区大手町6-4-3  
㉑ 発 明 者 佃 淳 二 兵庫県神戸市北区星和台4-6-2  
㉒ 発 明 者 志 岐 紀 明 兵庫県神戸市須磨区神の谷2-6-8  
㉓ 出 願 人 科学技術庁長官官房会 東京都千代田区霞が関2丁目2番1号  
計課長  
㉔ 代 理 人 弁理士 植 木 久 一  
審 査 官 官 崎 佑 久

1

2

㉕ 特許請求の範囲

1 ヘリウムガスの等エントロピー膨張によつて得られた寒冷を利用する熱交換作用により常温高圧のヘリウムガスを段階的に予冷した後、ジュールトムソン弁に通すことによつて液化ヘリウムを発生する様にしたヘリウム液化・冷凍装置において、最低温度膨張機の吐出ガスと極低温環境部からの戻りガスとの合流点より下流側に設けられた温度測定器による測温結果に応じて、前記膨張機の回転数を制御し吐出ガス量を調整する構成としたことを特徴とするヘリウム液化・冷凍装置。

2 特許請求の範囲第1項の装置において、常温高圧のヘリウムガスを製造する圧縮機の吐出側圧力を検出すると共にその検出値が一定となる様に、圧縮機の回転数を制御して吐出圧力を一定に維持する構成としてなるヘリウム液化・冷凍装置。

発明の詳細な説明

本発明はヘリウム液化・冷凍装置に関し、詳細には冷凍負荷の変動特に複数設置された冷凍負荷部分の1つ以上の冷却停止、およびその後の再冷却による冷凍負荷の変動等があつても冷凍出力の過不足を発生することなく安定した運転状態を維持できる様なヘリウム液化・冷凍装置に関するものである。

ヘリウム(以下「He」と表記する)液化・冷凍装置は、約15~20気圧まで圧縮された高圧のHeガスの一部を膨張機で等エントロピー膨張させることによつて寒冷を発生させ、該寒冷を利用してHeガスの残部を熱交換作用により所定の低温度(いわゆる逆転温度)まで段階的に予冷した後、ジュールトムソン(以下JTという)弁に通し、JT効果を利用した冷却作用によりHeガスの液化を行ない、液体He温度即ち極低温を得る様にしたものである。こうして得られた液体Heを製品として取り出す形式とすれば液化装置となり、一方液体Heを取り出すことなく閉回路的に循環使用する様にし、該液体Heの潜熱を利用して極低温環境部(冷凍負荷部分)内の被冷却体の熱負荷を吸収し、該環境部の温度を一定に維持する形式とすれば冷凍装置となる。即ち冷凍装置が液化装置と異なる点は、液化装置では低圧側He(戻り側He)のガス流量が高圧側He(入り側He)のガス流量に比べて液化量分だけ少ないのに対し、冷凍装置では、液化Heも蒸発して低圧側に戻るため高圧側と低圧側のHeガス流量が等しくなる点にある。このため液化装置と冷凍装置とでは、装置本体内の熱交換器及び膨張機の温度分布が異なり、それらの熱的設計が異なってくるに過ぎず、装置の構造上、本質的な相違はない。従つ

て以下He冷凍装置を代表的にとり挙げて説明する。

この様なHe冷凍装置としては、例えば第1図に略示する様な構成のものが知られている。即ち第1図において冷凍装置1は、熱交換器5a~5e、膨張機7a、7b、JT弁6等が内蔵された装置本体2、該本体2入口側に連結された圧縮機3及び精製器4、装置本体2の出口側に連結された極低温環境部10等から構成されている。そしてHeガスは圧縮機3で加圧された後、第1~第5の熱交換器5a~5eを降下（以下この降下経路を「高圧側経路」という）して熱交換を受けつつ冷却され、更にJT弁6で大気圧近くまで断熱膨張することにより一部液化してHeの気液混合状態、即ちHeミスト（以下単に「液体He」ということがある）となった後、Heミスト供給管8から極低温環境部10内へ送られ、該環境部10の雰囲気は極低温まで冷却する。尚極低温環境部10の具体的な用途としては、例えば極低温における金属材料の機械的性質を調べる為の極低温疲労試験装置を代表的に挙げることができる。この場合には同試験装置内の液体Heが気化した場合にこれを再凝縮させるための凝縮器を設けることもできる。

さて極低温環境部10内に存在する被冷却体の熱を奪って気化したHeガスは、再び装置本体2の熱交換器5a~5eを逆方向に上昇（以下この上昇経路を「低圧側経路」という）し、対向流の高圧側経路を流れるHeを冷却した後、自らは略常圧常圧のHeガスとなって圧縮機3に戻る。そしてHeがこの経路を循環することによって極低温環境部10を継続して極低温に保つ様になっている。この様な従来のHe冷凍機では膨張機7の処理量の調節は手動で行ない、膨張機による寒冷の発生量を制御しているので負荷の変動を生じた場合や、起動時などにはその都度、流量調節を行なう必要があった。特に1台のHe冷凍機に対し複数の極低温環境部（以下ユーザと言うことがある）を並列的に接続した冷凍システム（以下マルチユーザシステムと言う）においては負荷の変動が大きく、適切な膨張機処理量の調節が行なわれなければ、過剰の寒冷発生によりエネルギーの浪費を生じることがある。また冷却運転中のユーザのうち1基（又は2基以上）の冷却を停止したり

再び冷却を開始する場合には、これらの操作に伴ってHe冷凍装置の運転条件が変動し、従来の手動操作では冷却運転中のユーザの温度条件を一定に保つ様に運転するためには高度の熟練が要求される。

本発明はこうした事情に着目してなされたものであつて、膨張機における過剰な寒冷の発生を抑えながらユーザの環境温度を一定に保持するとともに、更にマルチユーザシステムにおいては1基（又は2基以上）のユーザの冷却停止および再冷却を他のユーザの運転条件に悪影響を及ぼすことなく適正に行なうことのできる様なHe液化・冷凍装置を提供しようとするものである。

しかして上記目的を達成した本発明のHe液化・冷凍装置は、Heガスの等エンタルピー膨張によつて得られた寒冷を利用する熱交換作用により常温高圧のHeガスを段階的に予冷した後、JT弁に通すことによつて液化Heを発生する様にしたHe液化・冷凍装置において、最低温度膨張機の吐出ガスと極低温環境部からの戻りガスとの合流点より下流側に設けられた温度測定器により検出された温度に応じて、前記膨張機の回転数を制御し吐出ガス量を調整する構成とした点に要旨が存在する。

以下実施例図面に沿つて本発明の構成及び作用効果を説明するが、図は代表例であつて本発明を限定する性質のものではなく、例えばHe液化・冷凍装置本体に内蔵される熱交換器や膨張機等の具体的な構成及び配置、あるいは極低温環境部の構造等を必要に応じて変更すること等はいずれも本発明の技術的範囲に含まれる。

第2図は本発明のHe冷凍装置の実施例を示す概略全体図で、13は温度制御コントローラ、14は圧力制御コントローラ、15は測温点、16は圧力検出点を夫々示す。

圧縮機3のHeガス吐出側の系統L<sub>1</sub>の高圧Heガスの一部は膨張機7a、7bにより寒冷を発生し、この寒冷により冷却された残部のHeガスはJT弁6を通過してJT効果によりHeミストを発生して極低温環境部10の雰囲気は極低温まで冷却する。ここで低温側の膨張機7bから排出されたHeガスG1と極低温環境部10からの戻りガスG2との合流点より下流側に測温点15を設け、測温点15における測温値を温度制御コント

ローラ 13 に入力し該測温値の高低に応じて低温側膨張機 7 b の処理量を調節している。即ち測温値が設定値より高い場合には膨張機 7 b による寒冷発生量が不足していることを意味するので温度制御コントローラ 13 から膨張機 7 b へ出力増大の指令を発信し、膨張機 7 b の回転数を上げて吐出ガス（寒冷ガス）量を増大させることにより寒冷発生量を増加し、これにより測温点 15 の温度を低下させる。一方測温値が設定値より低い場合には膨張機 7 b による寒冷発生量が過剰であることを意味するので温度制御コントローラ 13 から膨張機 7 b へ出力減少の指令を発信し、膨張機 7 b の回転数を下げて吐出ガス（寒冷ガス）量を減少させることにより寒冷発生量を減少し、これにより測温点 15 の温度を高める。この様にして測温点 15 の温度が一定に保持される。その結果熱交換器 5 d において冷媒である高圧側 He ガスは一定の設定温度をもつ冷却剤である所の低圧側 He ガスによつて常に安定した冷却作用を受けるので、熱交換後の温度は所定の温度を保つことができる。これによつて運転条件の変動にかかわらず極低温環境部 10 は容易に一定の温度に保持される。尚測温点 15 は合流点と直後の熱交換器の入口部間（入口部を含む）に設けるものとし、合流点と測温点 15 の間には吐出ガス G1 と戻りガス G2 の混合をよくするために混合器を設けることもできる。

しかし、圧縮機 3 の吐出量が一定の場合には膨張機 7 b の処理量を冷凍負荷に応じて変化させても He 冷凍装置の所要動力は変わらず、特に冷凍負荷が減少した場合にはエネルギー原単位が低下する。この低下を防止するために本発明の He 冷凍装置では圧縮機 3 の吐出圧力を圧力検出点 16 にて検出し、この圧力を一定に保つ様に圧力制御コントローラ 14 により圧縮機 3 の回転数を制御して吐出量を調節する様にしてある。これによつて冷凍負荷が減少した場合には JT 弁のみを絞れば、膨張機 7 b の処理量も冷凍負荷に応じて低下し圧縮機 3 の吐出圧力を一定に保つ様に圧力制御コントローラ 14 の作用により吐出風量が減少することにより、エネルギー原単位の低下を防止し、省エネルギー運転を行なうことができる。

第 3 図は本発明に係る再凝縮方式のマルチユーザシステムの例を示す概略全体図で、1 基の冷凍

装置 2 に再凝縮機 11 e, 11 f を内装したユーザ 10 e, 10 f が 2 基接続されている。尚本発明に係るマルチユーザシステムは多くのユーザを並列に接続するものを含むが、第 3 図例は理解の便宜を考慮して 2 基のユーザを持つシステムを例示した。

圧縮機 3 の He 吐出側の常温高圧 He 供給系統 L<sub>1</sub> は膨張機へ至る系統 L<sub>2</sub> とユーザ 10 e 用 JT 弁 6 e 及びユーザ 10 f 用 JT 弁 6 f にそれぞれ導入される系統 L<sub>e</sub>, L<sub>f</sub> に分岐されており、後者の各系統の常温部には He の流れ方向に沿つてストップ弁 17 e, 17 f 及び流量調節計 12 e, 12 f が夫々介設されている。尚 JT 弁の開度調整は流量調節計 12 e, 12 f によつて行なわれる。そしてユーザ 10 e, 10 f からの戻りガス G1 と低温側膨張機 7 b から排出されるガス G2 が合流する点より下流側に測温点 15 b を設けると共に、本例では該合流ガス G3 と高温側膨張機 7 a から排出されるガス G4 との合流点より下流側にも測温点 15 a を設けており、且つ夫々の測温点 15 b, 15 a に対応して温度制御コントローラ 13 b, 13 a を設置している。尚当然ながら測温点 15 a は省略することもできる。又前例と同じく圧力検出点 16 を圧縮機 3 の吐出側に設けると共に該圧力検出点 16 に対応する圧力制御コントローラ 14 を設置している。

上記構成のマルチユーザシステムにおいて、2 基のユーザの中 1 基、例えばユーザ 10 f のみ運転する場合はストップ弁 17 e を閉じるとユーザ 10 e には冷媒である高圧 He は供給されなくなり冷凍負荷は所定の 1/2 となる。従つて膨張機 7 b, 7 a の処理量が所定の場合は寒冷発生量は過剰となり、測温点 15 b, 15 a の温度が所定の値に比べ下降するのでこの温度を所定の温度にもどす様に温度制御コントローラ 13 b, 13 a が作動して膨張機 7 b, 7 a の回転数を下げて吐出ガス量を低下させる。以上の作動により He 冷凍機の高圧 He ガスの所定量が減少するので、圧力検出点 16 の圧力を一定に保つ様に、圧力制御コントローラ 14 が作動して圧縮機 3 の吐出風量を調節する。

以上の如くマルチユーザシステムにおいて、一部のユーザを休止する場合はその系統のストップ弁（上述の例では 17 e）を閉じるだけで、寒冷

発生量、圧縮機吐出量が自動的に調節され、容易に常に最適条件での運転を行なうことにより省エネルギーをはかることができる。

又ユーザ10fを冷却運転中にユーザ10eを極低温に冷却する場合には、ユーザ10eを例えば液体窒素で予冷後、ストップ弁17eを徐々に開き、冷媒Heを供給すると冷凍負荷の増加により測温点15b、15aの温度が上昇するので、この温度上昇を検知して温度制御コントローラ13b、13aの作動により、膨張機7b、7aの回転数を上げて吐出ガス量を増加して発生寒冷量をふやし測温点15b、15aの温度を所定値に保つ様にする。以上の作動によりHe冷凍機の高圧Heガスの所定量が増加するので、圧力検出点16の圧力を一定に保つ様に圧力制御コントローラ14が作動して圧縮機3の吐出風量を調節する。

以上のごとくマルチユーザシステムにおいて、休止中のユーザを再冷却する場合にはその系統のストップ弁（上述の例では17e）を徐々に開くだけで、運転中の他のユーザ10fの正常な運転を乱すことなく、寒冷発生量、圧縮機の吐出量が自動的に調整され容易に再冷却を行なうことができる。

本発明は以上の様に構成されており、以下に要約する効果を得ることができる。

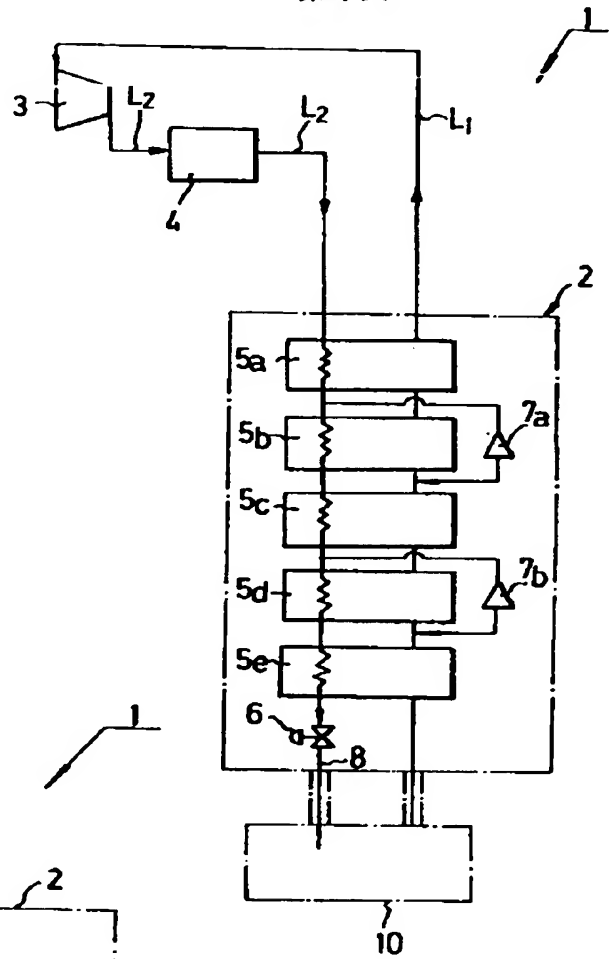
- (1) 冷凍負荷の変動等の運転条件に対して膨張機の寒冷発生量を最適に保つ様に増減させるので、最良の運転状態を保つことができ、極低温環境部の温度を所定の値に保持しながら最低のエネルギー原単位で運転することができる。
- (2) マルチユーザシステムにおいて、運転中の複数のユーザのうち1基（又は2基以上）のユーザの停止・再起動を他のユーザの運転状態を乱すことなく容易に行なうことができる。

#### 図面の簡単な説明

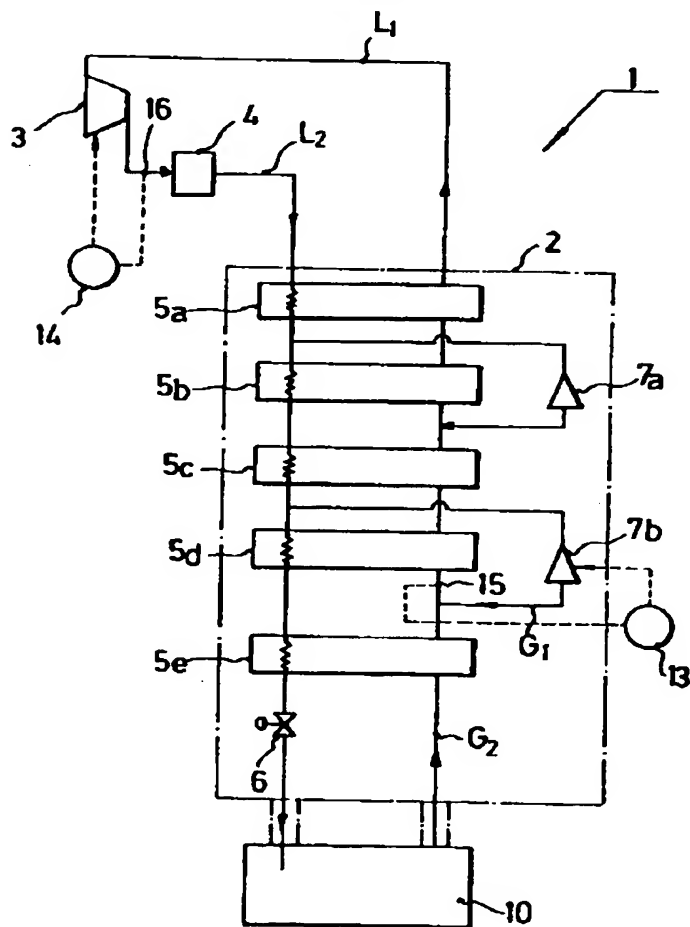
第1図は従来のHe冷凍装置を示す概略全体図、第2図は本発明に係るHe冷凍装置を示す概略全体図、第3図は本発明に係るマルチユーザシステムのHe冷凍装置を示す概略全体図である。

2……冷凍装置本体、3……圧縮機、5a～5e……熱交換器、6……JT弁、7a……高温側膨張機、7b……低温側膨張機、10……極低温環境部（ユーザ）、13、13a、13b……温度制御コントローラ、14……圧力制御コントローラ、15、15a、15b……測温点、16……圧力検出点。

第1図



第2図



第 3 图

